

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM MEJA GAMBAR DENGAN METODE XY-TABLE 2 SUMBU MENGGUNAKAN MOTOR STEPPER DAN EMC (ENHANCED MACHINE CONTROL)

Jimmy Linggarjati¹; Arif Aldiansyah²; Daniel Sutanto³; Otto Hidayat Imanullah⁴

¹ Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Bina Nusantara University
Jln. K.H. Syahdan No. 9, Kemanggis, Palmerah, Jakarta Barat 11480
Jimmyl@binus.edu

ABSTRACT

The objective of the research is to produce a drawing table system with 2-axis XY-table method and EMC software implementation. The EMC features are integrated with L297 and L298 as a motor stepper driver to draw simple objects. The software uses RS-274NGC as an input which is a standardisation commonly used in CNC machines. EMC usage due to the open-source of the software and the continuity development around the world. Methods use in the research are bibliography, engineering and laboratory. The results concluded system can work properly to draw objects such as square, triangle, circle and capital letters A-Z according to the given input. The velocity of the system can be arrange desirely and the time required to draw an object is accurately according to the given input. System can be developed furthermore by adding Z-axis movement or other functions, for example cutting, milling, etc.

Keywords: EMC, G-code, Motor Stepper

ABSTRAK

Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk menghasilkan sistem meja gambar dengan metode XY-table 2 sumbu dan implementasi perangkat lunak EMC. Penelitian dilakukan pada fitur-fitur EMC yang dapat digunakan untuk menggambar objek-objek sederhana dan mengintegrasikannya dengan Modul Driver L297 dan L298 untuk mengendalikan Motor Stepper. EMC digunakan karena bersifat open-source, dan terus dikembangkan oleh banyak ahli diseluruh dunia. Selain itu EMC menggunakan standarisasi RS-274NGC yang banyak digunakan sebagai bahasa pemrograman mesin-mesin CNC. Metode penelitian yang digunakan selama penyusunan skripsi ini adalah metode kepustakaan, penelitian laboratorium dan rekayasa. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa sistem dapat bekerja sesuai dengan input yang diberikan. Objek-objek sederhana yang dapat digambar antara lain bujur sangkar, segitiga, lingkaran dan huruf kapital A sampai Z. Kecepatan sistem untuk menggambar sebuah objek dapat di atur dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan gambar tersebut sesuai dengan input. Sistem Meja Gambar ini dapat dikembangkan lebih lanjut lagi dengan menambahkan sumbu Z atau untuk implementasi selain yang telah diteliti.

Kata kunci: EMC, G-code, Motor Stepper

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri dikenal sebuah sistem software yang dapat mengontrol mesin berat dengan nama EMC (*Enhanced Machine Control*). Sistem ini bekerja dengan sistem operasi linux debian dan merupakan hasil riset bertahun-tahun para *programmer* dari seluruh dunia. EMC menggunakan standarisasi bahasa pemrograman *numerical control* RS-274NGC atau G-Code yang banyak digunakan pada banyak mesin-mesin CNC sebagai inputnya. Seperti juga linux debian, perangkat lunak EMC ini bersifat *open-source* dan selalu di-*update* sehingga kemampuannya selalu berkembang. Sistem ini dapat bekerja dengan baik untuk mengontrol mesin-mesin bubut, mesin bor dan lain-lain.

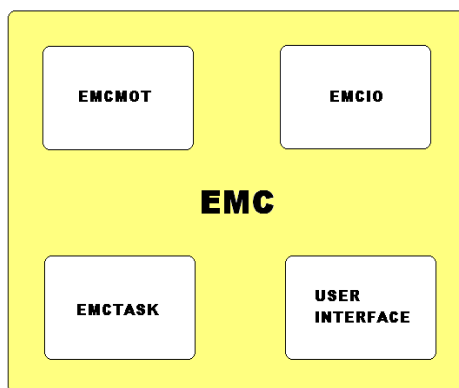
Penelitian ilmiah ini bertujuan untuk dapat merancang sebuah sistem XY-Table 2 dimensi, yang kedua sumbunya digerakkan oleh motor stepper dengan menggunakan L297-L298 sebagai driver motor stepper. Gerakan kedua sumbu XY-Table dikontrol melalui sebuah PC yang terhubung dengan *interface parallel*, menggunakan perangkat lunak EMC. Rancangan sistem XY-Table ini diharapkan dapat digunakan sebagai sistem meja gambar elektronis.

CNC (*Computer Numerical Control*)

CNC merupakan suatu sistem kontrol dengan basis komputer yang bekerja untuk menggerakkan motor yang terdapat pada mesin-mesin berat. Berdasarkan penjelasan *The EMC team writers* (2000), sistem CNC menggunakan komputer dan motor-motor untuk menggantikan pekerjaan operator manusia, misalnya untuk memindahkan mesin potong (*cutting tools*) atau menggerakkan suatu mesin berat (*turning cranks*). Berikut ini adalah beberapa bahasa pemrograman yang digunakan pada sistem CNC: APT (*Automatically Programmed Tool*), EIA RS-274, AUTOSPOT, COMPACT/COMPACT II, EXAPT, ADAPT (*Adaptation of APT*), MAPT, dan UNIAPT. Untuk nomor 1 dan nomor 2 contoh standarisasi pada pemrograman CNC. Dari pengembangan CNC tersebut, lahir banyak sistem kontrol yang lebih canggih dan lebih spesifik, seperti contohnya EMC.

EMC (*Enhanced Machine Control*)

EMC merupakan salah satu bentuk pengembangan dalam sistem kontrol secara *real-time* yang dikembangkan oleh *Intelligent Systems Division* di National Institute of Standard and Technology (NIST). Dengan bekerja sama dengan beberapa badan lainnya, NIST berhasil menyederhanakan sistemnya menjadi sistem yang dikenal dewasa ini dengan nama EMC.



Gambar 1 Sistem EMC

Biasanya EMC digunakan pada PC dengan sistem operasi Linux untuk kemudahan penggunaan. Pada dasarnya, EMC terbagi dalam 4 komponen utama, yaitu: (1) EMCMOT: pengontrol gerak yang berfungsi untuk sampling posisi dari sumbu (axes) yang akan dikontrol, menghitung posisi selanjutnya pada lintasan yang diberikan dan memperhitungkan output yang diberikan pada motor; (2) EMCIO: pengontrol Input/Output secara diskrit; (3) EMCTASK: interpreter G-code yang diberikan pada sistem; (4) antarmuka pengguna: antar muka bagi pemakai EMC (*Graphical User Interface*), misalnya: Tkemc, Xemc dan lain-lain.

EMC adalah *free software* yang *open source*. Salah satu fitur EMC adalah dapat menginterpretasikan standarisasi bahasa pemrograman mesin RS-247NGC yang lebih dikenal dengan nama G-Code, menjadi sinyal-sinyal digital sehingga dapat menggerakkan aktuator, misalnya motor stepper, melalui port parallel pada PC. Di dalam penelitian ini, digunakan BDI (*Brain Dead Install*) *installer* yang berisi Linux Debian sekaligus software EMC yang telah terintegrasi didalamnya yang memudahkan dalam proses instalasi.

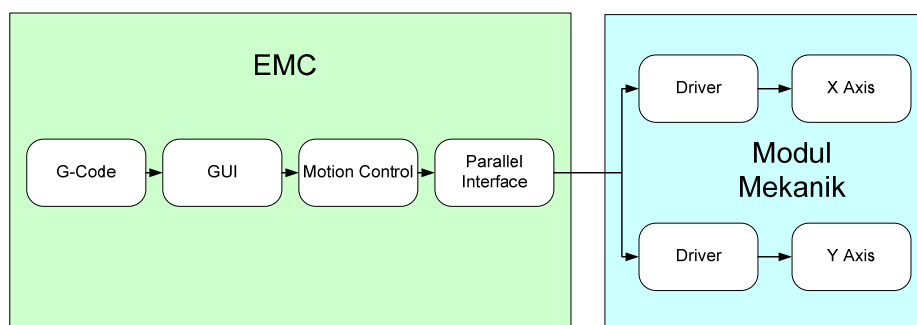
RS-274NGC atau G-Code

Pada tahun 1960 EIA (Electronic Industry Association) mengembangkan standarisasi RS-274 yang merupakan dasar dari *Numeric Control Programs* untuk pengaturan mesin-mesin CNC, misalnya mesin yang digunakan untuk pembuatan PCB yang dikontrol secara numerik. Pada Februari 1980 revisi dari RS-274D (ISO 6983) atau Gerber format ditetapkan, yang terdiri dari beberapa bagian (DiBartolomeo, 1991), yaitu: G-Code, D-Code, dan M-Code.

Salah satu *extension* atau pengembangan dari RS-274D yaitu RS-274NGC atau G-Code yang spesifikasinya ditetapkan pada tanggal 24 Agustus 1992 dengan judul "RS274/NGC for the LOW END CONTROLLER - First Draft". Untuk menuliskan perintah dalam pemrograman G-Code biasanya diawali dengan huruf G.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada dasarnya, Sistem Meja Gambar ini memiliki prinsip kerja sesuai diagram blok pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Blok Sistem Meja Gambar

Input yang diberikan melalui PC adalah G-Code atau penekanan tombol pada mode pengoperasian manual. Format G-Code dari gambar yang dibuat, kemudian akan diolah oleh perangkat lunak EMC yang akan mengirimkan data-data melalui parallel port menuju Modul Driver di setiap sumbu. Modul Driver akan menerima setiap sinyal input yang dikirim oleh PC melalui parallel port berupa clock dan arah pergerakan. Untuk setiap outputnya, modul driver akan

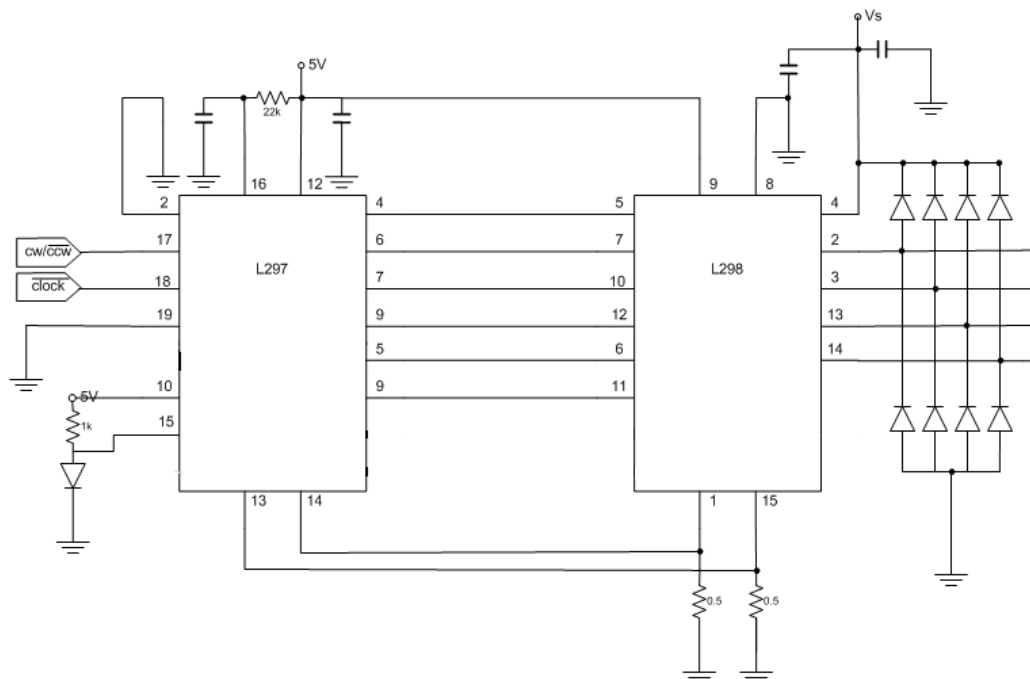
mengirimkan sinyal ke modul axis yang berupa motor stepper yang akan menggerakkan sumbu atau axis. Motor stepper kemudian akan bergerak sesuai data yang diterimanya menuju posisi sesuai input yang diberikan kepada EMC.

Spesifikasi Sistem

Sistem Meja Gambar ini menggunakan sebuah PC (*personal computer*) dengan spesifikasi dari PC yang digunakan adalah: Prosesor IntelPentium III 800 MHz; Memori 256 MB SDRAM; Graphic Card NVIDIA Riva TNT 32 MB; Disc Drive 10 GB; Sistem Operasi Linux-Debian dan Piranti lunak EMC. Piranti lunak EMC tersebut menggunakan interface parallel pada PC dan akan terhubung dengan modul driver sumbu X maupun modul driver sumbu Y.

Modul Driver

Perancangan Modul Driver Motor Stepper berfungsi untuk menerima sinyal input dari port parallel PC berupa clock dan arah pergerakan yang digunakan untuk mengatur motor stepper agar bergerak sesuai dengan pergerakan yang diinginkan. Modul ini diperlukan karena tegangan maupun arus yang dikeluarkan dari port parallel PC kurang besar untuk menggerakkan motor stepper. Selain itu, output yang dihasilkan dari PC hanya berupa clock dan arah saja. Sehingga diperlukan sebuah modul yang berfungsi untuk *men-translate* input yang berupa clock dan arah pergerakan menjadi sinyal sekuensial untuk menggerakkan stepper sesuai dengan keinginan.

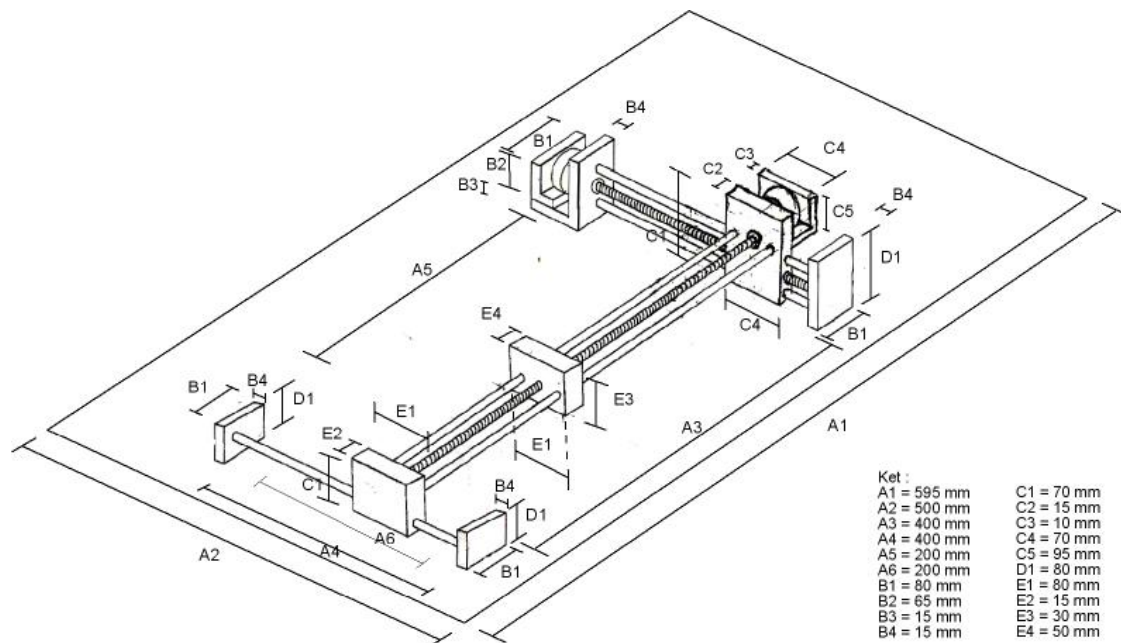


Gambar 3 Modul Driver

Modul Mekanik

Dengan memperhitungkan faktor berat material dan daya tahan, komponen-komponen dalam sistem mekanik lebih banyak menggunakan alumunium sebagai bahan dasar. Meskipun untuk bagian-bagian seperti bearing, as ulir dan batangan as menggunakan bahan dasar besi. Bahan-bahan tersebut relatif mudah di dapatkan dengan harga cukup murah, kecuali untuk bahan dasar alumunium yang lebih mahal. Hasil perancangan sistem mekanik kemudian dikerjakan di

bengkel bubut untuk mendapatkan hasil yang cukup presisi sesuai kebutuhan sistem. Skema sistem mekanik yang dirancang dapat dilihat pada gambar 4.



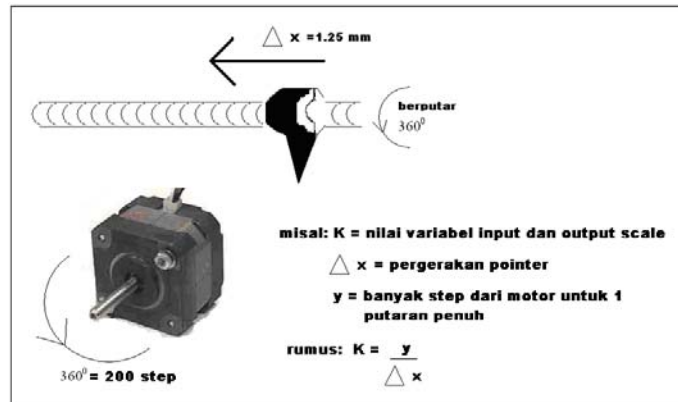
Gambar 4 Sistem Mekanik

Perangkat lunak

Perancangan perangkat lunak meliputi perancangan file berekstensi *.ngc* menggunakan bahasa pemrograman G-code yang bertujuan agar sistem XY-Table dapat menggambar objek bujur sangkar dengan sisi 50 mm x 50 mm, segitiga siku-siku dengan sisi tegak lurus 50 mm dan 50 mm, lingkaran dengan jari-jari 20 mm dan huruf-huruf kapital A sampai Z.

Pengaturan Dasar INI File

Berikut ini adalah pengaturan minimum nilai-nilai parameter pada INI File yang perlu diubah agar Sistem Meja Gambar dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi modul mekanik yang dibuat, yaitu: (1) `LINEAR_UNITS`, nilai yang digunakan adalah 1, yang menandakan ukuran satuan yang digunakan adalah milimeter; (2) `MAX_VELOCITY`, nilai parameter yang digunakan sebagai batas maksimal kecepatan putaran motor stepper. Nilai yang digunakan sebesar 2 (mm/detik) yang merupakan nilai default; (3) `UNITS`, nilai yang digunakan adalah 1, yang menandakan ukuran satuan yang digunakan adalah milimeter; (4) `INPUT_SCALE`, nilai parameter yang digunakan oleh EMC sebagai input, berdasarkan jumlah step dari motor stepper untuk melakukan 1 putaran berbanding jarak pergeseran linear yang terjadi di batangan ulir. Nilai yang didapat adalah $200 : 1,25 = 160$; (5) `OUTPUT_SCALE`, nilai parameter yang digunakan oleh EMC sebagai output, disarankan sesuai dengan nilai yang digunakan pada input EMC, dalam hal ini sebesar 160; (6) `MIN_LIMIT`, nilai minimal yang digunakan sebagai parameter oleh EMC sebagai batas nilai terkecil pada sistem mekanik. Nilai yang digunakan sebesar -200, sebagai batas nilai terkecil = -200 mm. dari titik *HOME* yang ditentukan; (7) `MAX_LIMIT`, nilai maksimal yang digunakan sebagai parameter oleh EMC sebagai batas nilai terbesar pada sistem mekanik. Nilai yang digunakan sebesar 200, sebagai batas nilai terbesar = 200 mm.



Gambar 5 Perhitungan nilai Input dan Output Scale

Prosedur Instalasi BDI Installer 4.50

Untuk menggunakan perangkat lunak EMC, terlebih dahulu menginstal system operasi Linux Debian yang menjadi satu dalam BDI Installer 4.50. Prosedur instalasi yang harus dijalankan adalah: (1) lakukan booting PC menggunakan CD BDI Installer 4.50, tekan enter untuk instalasi dalam mode grafik; (2) pilih *next* untuk memulai proses instalasi; (3) pilih bahasa (*default* = US English) yang digunakan selama proses instalasi, lalu pilih *next*; (4) pilih konfigurasi *keyboard* yang diinginkan (*default* = US English), lalu pilih *next*; (5) pilih monitor yang digunakan, apa bila tipe monitor tidak ada, maka disarankan memilih tipe *generic* baik LCD maupun CRT, kemudian pilih *next*; (6) pilih tipe instalasi yang diinginkan, kemudian pilih *next*; (7) buat 2 buah partisi, partisi yang pertama ditujukan untuk tempat sistem operasi berada dengan nama drive atau dimount dengan simbol '/' yang berformat EX3 dan kapasitas minimal 3GB. Partisi yang kedua adalah swap, partisi ini ditujukan untuk paging file sistem operasi, besar kapasitas yang disarankan adalah 500MB.

Pemilihan atau pengaturan partisi dilakukan dengan bantuan tombol-tombol yang tersedia. *New* digunakan untuk membuat partisi baru, tombol edit digunakan untuk memodifikasi partisi yang sudah ada, *delete* digunakan untuk menghapus partisi yang sudah ada dan tombol reset digunakan untuk mengembalikan partisi-partisi yang telah didesign ke keadaan sebelumnya; (8) pemilihan *boot loader* yang digunakan, *default*-nya adalah Debian GNU/Linux. Setelah pemilihan, pilih *next*; (9) pengaturan konfigurasi NIC atau Lan Card, Pilih *automatically via DHCP* jika PC tidak terhubung ke network lalu pilih *next*; (10) pilih bahasa yang digunakan dalam sistem operasi, English (USA) adalah pilihan *default* kemudian pilih *next*; (11) pilih zona waktu setempat kemudian pilih *next*; (12) buat *password root* (administrator) dan *user* yang akan menggunakan sistem ini. Kemudian pilih *next*; (13) pilih piranti-piranti lunak yang akan diinstal pada sistem operasi, disarankan untuk memilih tipe instalasi secara default, kemudian pilih *next*; (14) pilih *next* untuk memulai instalasi. Tunggu sampai instalasi selesai kemudian *restart* sistem.

Pengaktifan Sistem Meja Gambar dengan EMC

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mengaktifkan sistem, yaitu: (1) hubungkan PC dengan kedua Modul Driver melalui parallel port; (2) aktifkan switch *power supply* pada Modul driver; (3) lakukan *Booting* pada PC yang digunakan pada sistem; (4) jalankan aplikasi *konqueror* lalu masukkan pada bagian *location bar*, alamat folder berikut: file:/usr/local/emc/; (5) jalankan *emc.run* dengan cara mengklik file tersebut.

Mode Operasi Manual

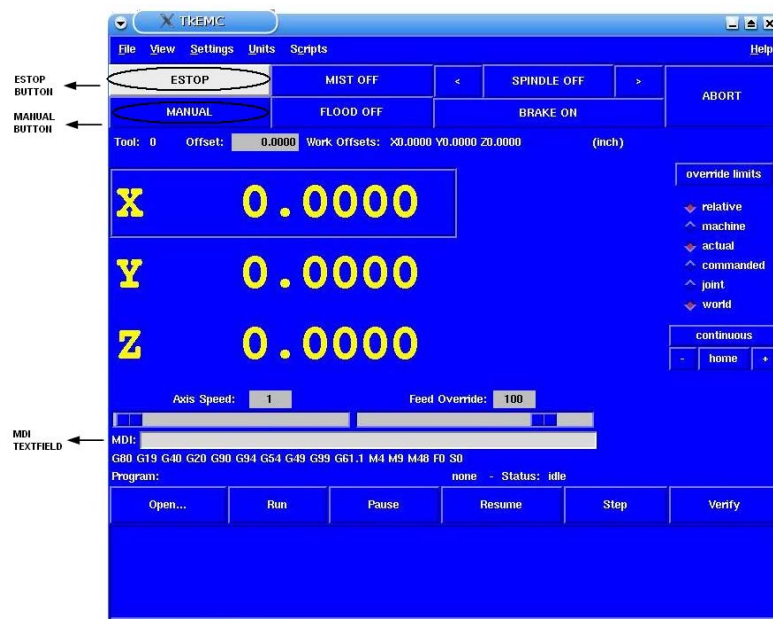
Setelah perangkat lunak EMC berjalan, langkah-langkah yang harus dijalankan untuk menggunakan mode operasi manual, yaitu: (1) klik ESTOP, pilih ESTOP OFF lalu pilih Machine ON; (2) klik MANUAL, lalu pilih MANUAL; (3) klik CONTROL untuk pengontrolan pergerakan axis.



Gambar 6 Penggunaan Mode Operasi Manual

Mode Operasi MDI

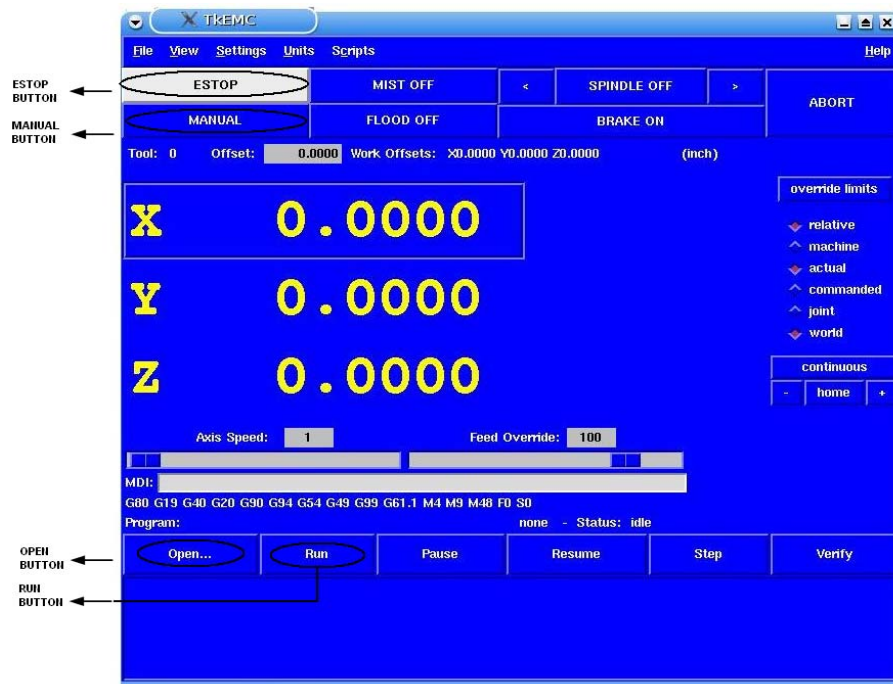
Setelah perangkat lunak EMC berjalan, langkah-langkah yang harus dijalankan untuk menggunakan mode operasi MDI, yaitu: (1) klik ESTOP, pilih ESTOP OFF lalu pilih Machine ON; (2) klik MANUAL, lalu pilih MDI; (3) masukan perintah G-code pada *textfield* MDI.



Gambar 7 Penggunaan Mode Operasi MDI

Mode Operasi Auto

Setelah perangkat lunak EMC berjalan, langkah-langkah yang harus dijalankan untuk menggunakan mode operasi AUTO, yaitu: (1) klik ESTOP, pilih ESTOP OFF lalu pilih Machine ON; (2) klik MANUAL, lalu pilih AUTO; (3) buka file berekstensi .ngc melalui OPEN; (4) klik RUN untuk menjalankan file tersebut.



Gambar 8 Penggunaan Mode Operasi Auto

Evaluasi dan Analisa

Keseluruhan perangkat lunak dan perangkat keras sistem diimplementasikan di Lab. Penelitian & Pengembangan Jurusan Sistem Komputer Universitas Bina Nusantara dan dapat bekerja sesuai spesifikasi awal perancangan. Dengan menggunakan pengaturan inisialisasi sistem EMC yang paling sederhana, Sistem Meja Gambar sudah dapat mengerjakan semua perintah yang dikirimkan oleh EMC dengan fitur-fitur yang disediakan. Tiap mode operasi dapat dijalankan.

Untuk mode manual, dari 5 kali percobaan dapat dilihat bahwa sistem mekanik dapat berkerja sesuai dengan input. Kesalahan terjadi yang dapat diamati adalah sebesar $\pm 0,5$ mm. Untuk mode MDI, dengan pengujian tingkat *repeatability* dari sistem didapatkan nilai kesalahan yang dapat diamati $\pm 0,5$ mm. Untuk mode auto, percobaan dilakukan bervariasi untuk menggambar objek-objek sederhana seperti lingkaran, bujur sangkar, segitiga dan bentuk huruf kapital dari "A" sampai dengan "Z" dapat bekerja sesuai input yang diberikan.

Berdasarkan percobaan yang berkaitan dengan elemen waktu dapat dilihat bahwa sistem masih dapat bekerja sesuai dengan input dengan nilai $MAX_VELOCITY \leq 2.7$ dan memiliki nilai $error \leq 0,5$ %. Kecepatan maksimum yang dihasilkan berhubungan dengan parameter step rate (ω'), perubahan sudut setiap step (ϕ dalam derajat), torsi motor stepper (T), beban inertia (I_0) dan waktu (t). Nilai % error yang dapat diamati untuk pengujian tingkat akurasi waktu adalah sebesar 2,092 % dari hasil perhitungan waktu kerja ideal. Hal ini disebabkan keterbatasan kecepatan tangan penguji.

Pengujian *feed override* membuktikan bahwa parameter tersebut merupakan prosentase (%) dari kecepatan yang diberikan. Ketika nilai *feed override* dikurangi dari 100 maka waktu tempuh menjadi lebih lama, karena kecepatannya berkurang.

Dari hasil gambar yang diperoleh, garis lurus yang terbentuk terlihat seperti ber-osilasi. Kesalahan gambar yang dihasilkan Sistem Meja Gambar ini disebabkan antara lain: (1) kurang presisinya proses pembuatan dan pembubutan beberapa komponen sistem mekanik; (2) penggunaan batang ulir yang agak melengkung; (3) kekurangan yang terdapat pada alat tulis (spidol) yang digunakan.

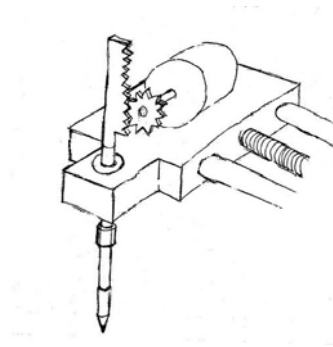
PENUTUP

Simpulan

Simpulan yang didapat setelah dilakukan evaluasi sistem adalah: (1) EMC merupakan sebuah sistem *software* yang dapat mengontrol aktuator untuk mengatur pergerakan posisi, kecepatan dan waktu; (2) EMC menggunakan standarisasi RS-274NGC atau G-Code yang banyak digunakan untuk pemrograman sistem CNC; (3) pada EMC terdapat 3 buah mode operasi yaitu mode Manual, MDI (*Manual Data Input*) dan Auto; (4) INI File adalah file yang berisi konfigurasi EMC; (5) Sistem Meja Gambar yang telah diteliti dapat melakukan pergerakan terhadap sumbu X dan Y untuk membentuk objek sederhana seperti bujursangkar, lingkaran, segitiga, huruf-huruf kapital A sampai Z, huruf kecil “a” dan tulisan sambung “yth”; (6) dengan pengujian tingkat *repeatability* dari sistem didapatkan nilai kesalahan yang dapat diamati $\pm 0,5$ mm; (7) pada penelitian yang berhubungan dengan komponen waktu, Sistem Meja Gambar mempunyai nilai rata-rata kesalahan sebesar 2,092 %; (8) berdasarkan percobaan yang berkaitan dengan kinerja sistem dapat dilihat bahwa sistem masih dapat bekerja sesuai dengan input dengan nilai $MAX_VELOCITY \leq 2.7$ dan memiliki nilai $error \leq 0,5$ %; (9) kecepatan maksimum sistem yang dihasilkan berhubungan dengan parameter *step rate* (ω'), perubahan sudut setiap step (ϕ dalam derajat), torsi motor stepper (T), beban inertia (I_0) dan waktu (t); (10) pada Sistem Meja Gambar, *feedrate* dan *feed override* merupakan parameter pengaturan komponen kecepatan dan waktu; (11) kesalahan gambar yang dihasilkan system XY-Table ini disebabkan antara lain: kurang presisinya proses pembuatan dan pembubutan beberapa komponen sistem mekanik, penggunaan batang ulir yang agak melengkung, kekurangan yang terdapat pada alat tulis (spidol) yang digunakan.

Saran

Saran-saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut adalah: (1) perbaikan sistem mekanik, seperti: pemilihan batang ulir yang lebih lurus, proses pembubutan yang lebih akurat; (2) penambahan sumbu Z pada Modul Mekanik sehingga *pointer* dapat bergerak naik atau turun dengan bantuan Motor Stepper. Garis besar sketsa desain sumbu Z dapat dilihat pada Gambar 9; (3) penelitian fitur-fitur EMC selain yang telah diteliti seperti penggunaan motor servo, pergerakan angular dan lain-lain.



Gambar 9 Sketsa Desain Sumbu Z

DAFTAR PUSTAKA

- Beaty, H., & Kirtley, J. (1998). *Electric motor handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Derenzo, S. E. (2003). *Practical interfacing in the laboratory: using a PC for instrumentation, data analysis and control*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- DiBartolomeo, S. (1991). *D-codes, aperture & gerber plot files*. Retrieved on December 20, 2006, from <http://www.artwork.com/gerber/appl2.htm>